



---

# DET NORSKE VERITAS

---

## Rapport Grunnlagsundersøkelse Frode 2012

Talisman Energy Norge AS



Grunnlagsundersøkelse Frode 2012	DET NORSKE VERITAS AS P.O.Box 300 1322 Høvik, Norway Tlf: +47 67 57 99 00 Faks: +47 67 57 99 11 <a href="http://www.dnv.com">http://www.dnv.com</a> Org. nr.:
Oppdragsgiver: Talisman Energy Norge AS Verven 4 4003 STAVANGER Norway	
Oppdragsgivers referanse: Hans Jacob Beck	

Dato for første utgivelse:	2013-09-27	Prosjektnr.:	PP042096
Rapportnr.:	2012-1553	Organisasjonsenhet:	Environmental Risk Management
Revisjon nr.:	01	Emnegruppe:	Marin overvåking

**Sammendrag:**

Det er utført grunnlagsundersøkelse på Frode i Region 1. Undersøkelsen omfattet 13 feltstasjoner og en regional stasjon der det er analysert for geofysiske og kjemiske parametere samt tilstanden til bunnfaunasamfunnet.

Utarbeidet av:	<i>Navn og tittel</i> Sam Arne Nøland, Helene Tvete, Lucy Brooks, Hege Karlsen, Christian Volan	<i>Signatur</i> 
Verifisert av: 	<i>Navn og tittel</i> Øyvind Fjukmoen Senior Consultant	<i>Signatur</i> 
Godkjent av:	<i>Navn og tittel</i> Sarah D. Grøndahl Head of Section	<i>Signatur</i> 

<input type="checkbox"/>	Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet, men fri distribusjon innen DNV etter 3 år	<b>Indekseringstermer</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet	Nøkkelord	Sedimenter, hydrokarboner, fauna, benthos, metaller
<input type="checkbox"/>	Strengt konfidensiell	Service-område	SHE Risk Management
<input type="checkbox"/>	Fri distribusjon	Markeds-segment	Energy

Revisjon nr. / Dato:	Årsak for utgivelse:	Utarbeidet av:	Godkjent av:	Verifisert av:

## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>RESYMÉ / RESUMÉ .....</b>	<b>1</b>
1.1	Resymé .....	1
1.2	Resumé .....	2
<b>2</b>	<b>INNLEDNING .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALE OG METODER.....</b>	<b>4</b>
3.1	Feltarbeid.....	4
3.1.1	Prøvetakingsstrategi.....	4
3.1.2	Prøvetaking / Utstyr.....	5
3.1.3	Gjennomføring.....	6
3.1.4	Kvalitetssikring.....	6
3.2	Biologiske analyser .....	6
3.2.1	Makrobentos – en introduksjon .....	6
3.2.2	Sortering og artsbestemmelse .....	7
3.2.3	Statistiske metoder.....	8
3.2.4	Kvalitetssikring.....	8
3.3	Kjemiske analyser og sedimentkarakterisering.....	10
3.3.1	Oversikt over analyseparametere.....	10
3.3.2	Sedimentkarakterisering .....	10
3.3.2.1	Kornstørrelsefordeling .....	10
3.3.2.2	Totalt organisk materiale.....	12
3.3.3	Kjemiske analyser.....	12
3.3.3.1	Hydrokarboner .....	12
3.3.3.2	Metaller .....	15
3.3.3.3	Kvantifiseringsgrenser .....	15
3.3.4	Kvalitetssikring.....	16
3.4	Avvik fra Retningslinjene .....	17
<b>4</b>	<b>RESULTATER .....</b>	<b>18</b>
4.1	Fra prøvetakingen.....	18
4.2	Sedimentkarakterisering.....	20
4.3	Kjemiske analyser .....	21
4.4	Biologiske analyser .....	24
<b>5</b>	<b>KONKLUSJONER.....</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>REFERANSER .....</b>	<b>30</b>



## **Appendiks A – E; finnes på vedlagte CD bakerst i rapporten**

- Appendiks A – *Toktrapport*
- Appendiks B – *Prøvingsrapport – biologi*
- Appendiks C – *Analyserapport - kjemi*
- Appendiks D – *Statistisk analysemetodikk*
- Appendiks E – *Undersøkellesprogram*



## Forord

Grunnlagsundersøkelsen på Frode er utført i fellesskap av Det Norske Veritas og MOLAB, og har vært en del av et større oppdrag koordinert av Statoil v/ Endre Aas og Rolf C. Sundt. Kontaktperson hos Talisman Energy Norge AS har vært Hans Jacob Beck.

Rapporten beskriver resultatene av de kjemiske/fysiske analysene av sjøbunnsedimentene samt analyser av bløtbunssamfunnet på Frode.

## Medarbeidere

### Feltarbeid:

Thomas Møskeland (DNV, toktleder)  
Christian Volan (DNV, skiftleder)  
Tormod Glette (DNV, skiftleder)  
Jon Kristian Haugland (DNV)  
Rozemarijn Keuning (DNV)  
Gunn Mari Michaelsen (MOLAB)  
Yngve Ildgruben (MOLAB)

Rolf C. Sundt var operatørens representant under toktet.

### Analyser:

#### Kornstørrelsefordeling:

Terje Kolberg, Eli Ellingsen

#### Totalt organisk materiale:

Terje Kolberg, Eli Ellingsen

#### Metaller:

Terje Pedersen, Gunn-Mari Michaelsen, Maja Lisa Olsen, Pål Torgersen, Hanna Skog Lillevik

#### THC:

Helene Tvete, Anita Wolff Kalstad, Harald Borud

#### NPD og PAH:

Helene Tvete

De kjemiske analysene er utført hos Molab AS, avdeling i Oslo, Mo i Rana og i Porsgrunn. Kornstørrelsesfordelingen er bestemt hos Molab AS, avdeling Glomfjord.

#### Biologiske analyser:

Thomas Møskeland (krepsdyr)  
Amund Ulfsnes (pigghuder, bløtdyr)  
Per-Bie Wikander, Molltax (bløtdyr)  
Fredrik Melsom (børstemark, varia)

Sortering er utført på DNVs Biolaboratorium på Høvik. Ludvig Søgnen Jensen og Kasper Nøland har vært ansvarlig for sortering av biologiske prøver.

#### Univariate analyser:

Lucy Brooks, Thomas Møskeland, Christian Volan

#### Multivariate analyser:

Sam-Arne Nøland



---

Utarbeidelse av rapport:

Kjemi:	Helene Tvette, Hege Karlsen
Biologi:	Lucy Brooks, Christian Volan, Sam-Arne Nøland
Hovedrapport:	Sam-Arne Nøland
Verifikasjon:	Øyvind Fjukmoen
Prosjektleder:	Sam-Arne Nøland

## 1 RESYMÉ / RESUMÉ

### 1.1 Resymé

Sedimentene på Frode er karakterisert ved kornstørrelsesfordeling og innhold av totalt organisk materiale (TOM) samt analysert for innhold av totalmengde hydrokarboner (THC), NPD, PAH og metaller. På samme stasjoner er det utført undersøkelser av bunnfaunasamfunnet.

Grunnlagsundersøkelsen på Frode i 2012 viser at sedimentet hovedsakelig består av sand og TOM-nivået varierer mellom 0,68-0,96 %.

Alle stasjoner bortsett fra én har THC-konsentrasjoner lavere enn LSC-verdien (grense for signifikant kontaminering) for REG 1 i 2011, og på samme nivå som regionale stasjoner i området. Samtlige kromatogram viser kun naturlige bakgrunnsnivåer. PAH og NPD-nivåene er lave, med konsentrasjonene i samme område som LSC fra 2011.

Alle undersøkte metaller forekommer i konsentrasjoner lavere enn LSC for Region 1 i 2011. Bariumnivået på feltstasjonene er omtrent fire ganger høyere enn på den regionale stasjonen REG1-Frode (2012), mens Cd, Cu, Hg, Pb, Ti og Zn er på samme nivå som den regionale stasjonen.

Bunnfaunaen på Frode er sammenlignbar med tidligere undersøkte regionale stasjoner i området og viser artsmangfold som normalt for uforstyrret sediment i regionen. Faunaen på den regionale stasjonen REG1-Frode (2012) skiller seg svakt fra feltstasjonene, noe som ansees å skyldes geografiske forskjeller.

De viktigste parameterne og variasjonen på Frode:

Frode	Variasjon	Beskrivelse av feltet
THC (mg/kg)	1-8	En av stasjonene har THC-verdi over LSC-verdien for region 1 som ble bestemt i 2011 for perioden 1996 til 2011. Alle feltstasjonene ligger rett over eller på samme nivå som den regionale stasjonen REG1-Frode (2012).
Ba (mg/kg)	13-31	Alle feltstasjonene har høyere Ba-verdi enn den regionale stasjonen REG1-Frode (2012) og $LSC_{RegI, 96-11}$ . Den høyeste verdien er målt på stasjon FR7 ( $31 \pm 3$ mg/kg).
H'	3,4-3,9	Bunnfaunaen på Frode viser artsmangfold som normalt for uforstyrret sediment i regionen.
J	0,55-0,63	
ES <sub>100</sub>	19-27	

## 1.2 Resumé

The sediments are characterized by grain size distribution and total organic matter (TOM) and analyzed for hydrocarbons THC, NPD, PAH and metals. Biological analyses of the benthic soft-bottom community were also carried out.

The baseline survey at Frode in 2012 shows that the sediments are dominated by sand and TOM is in the range 0.68-0.96 %. All stations except one have THC-concentrations below the LSC (Limit of significant Contamination) from Region 1 in 2011, and on the same level as regional stations in the area. All chromatograms show only natural background levels. The levels of PAH and NPD are low, and the concentrations are in the same magnitude as LSC from 2011.

All metals occur in concentrations below LSC for 2011. The Ba-concentrations at the field specific stations are about four times higher than REG1-Frode (2012), while Cd, Cu, Hg, Pb, Ti and Zn are at the same level as the regional station.

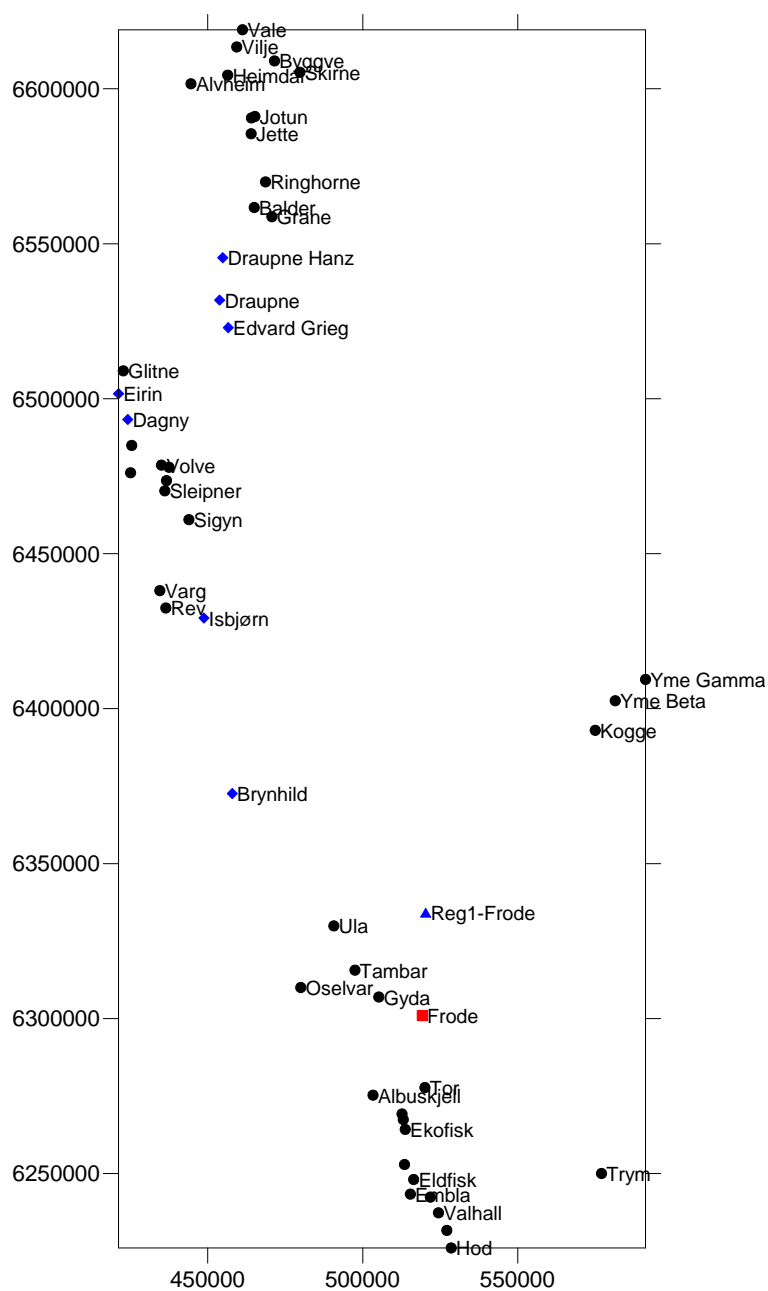
The benthic fauna at Frode is comparable to earlier investigated regional stations in the area, and shows diversity as normal for undisturbed sediments in the region. The fauna at the reference station differs slightly from the field stations, which probably can be attributed to geographic variations.

The most important parameters and variations at Frode:

Frode	Variation	Description of the field
THC (mg/kg)	1-8	One of the stations at Frode has THC concentration above the LSC-value for Region 1 calculated in 2011 for the period 1996 to 2011. All of the stations have THC-concentrations below or at the same level as the regional station REG1-Frode (2012).
Ba (mg/kg)	13-31	All stations have Ba-values above the Ba-concentration at the regional station REG1-Frode (2012) and all stations show elevated values compared to $LSC_{Reg1, 96-11}$ . The highest level is found at station FR7 ( $31 \pm 3$ mg/kg).
H'	3.4-3.9	The benthic fauna at Frode shows diversity regarded as normal for undisturbed sediments in the region.
J	0.55-0.63	
ES <sub>100</sub>	19-27	

## 2 INNLEDNING

Lisens 299, med oljeprospektet Frode, ligger cirka 15 kilometer sørøst av Gyda-feltet. Talisman er operatør og skal bore prospektet med riggen Maersk Guardian i andre kvartal 2012. Plasseringen til Frodefeltet er vist Figur 1.2-1 sammen med andre felt i Region 1 og 2.



**Figur 1.2-1** ● Installasjoner i Region 1 og 2 ♦ Grunnlagsundersøkelser 2012 ■ Frode ▲ Regional stasjon nær Frode.

### 3 MATERIALE OG METODER

#### 3.1 Feltarbeid

Feltarbeidet ble gjennomført av DNV i samarbeid med MOLAB fra fiske-/forskningsfartøyet "Christina E". Innsamlingen på Frode var en del av et større tokt som omfattet sedimentovervåking i Region 2 og flere andre grunnlagsundersøkelser. Toktet som helhet foregikk i perioden 21. mai til 3. juni 2012. Prøvetakingen på Frode foregikk fra 22-23. mai.

Undersøkelsen omfattet innsamling og kjemiske og biologiske analyser av sedimenter, samt karakterisering av sedimentene. Prøvetaking og analyser er gjennomført iht. *Retningslinjer for Miljøovervåking* (TA 2848) og DNVs og MOLABs akkrediterte metoder for denne type arbeid (Test 083 og 032). Det er utarbeidet en egen toktrapport (DNV, 2012b), se Appendiks A i vedlagte CD. Toktrapporten inneholder en fullstendig oversikt over prøvetakingen, bl.a. stasjonskoordinater (UTM og grader/minutter), dyp, dato og klokkeslett for prøvetaking, volum av sedimenter til bløtbunnsanalyser, antall bomskudd, farge og enkelte kommentarer.

##### 3.1.1 Prøvetakingsstrategi

Prøvetakingen er utført i henhold til Program for grunnlagsundersøkelser i Nordsjøen 2012 (DNV, 2012a) (Appendiks E). Tabell 3.1-1 gir en oversikt over undersøkelsesprogrammet på Frode. Programmet inkluderte også den regionale stasjonen REG1-2.

**Tabell 3.1-1** Navn, koordinater og analyseparametre i program for grunnlagsundersøkelsen på Frode.

Stasjon	Retn.	Avst.	ED50 UTM, sone 31		Bio	Korn/ TOM	THC	Met.	NPD/PAH
Frode			519191,0	6300927					
FR1	45	250	519367,8	6301104	5	1	3	3	3
FR2	45	500	519544,6	6301281	5	1	3	3	3
FR3	45	1000	519898,1	6301634	5	1	3	3	
FR4	45	2000	520605,2	6302341	5	1	3	3	
FR5	135	250	519367,8	6300750	5	1	3	3	
FR6	135	500	519544,6	6300573	5	1	3	3	
FR7	135	1000	519898,1	6300220	5	1	3	3	
FR8	225	250	519014,2	6300750	5	1	3	3	
FR9	225	500	518837,4	6300573	5	1	3	3	
FR10	225	1000	518483,9	6300220	5	1	3	3	
FR11	315	250	519014,2	6301104	5	1	3	3	
FR12	315	500	518837,4	6301281	5	1	3	3	
FR13	315	1000	518483,9	6301634	5	1	3	3	
REG1-2	2	33237	520295,0	6334146	5	1	3	3	
<b>Sum</b>					<b>70</b>	<b>14</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>6</b>

Stasjonsplasseringen er vist i resultatkapittelet.

### 3.1.2 Prøvetaking / Utstyr

Detaljer om fiske-/forskningsfartøyet “Christina E” finnes i toktrapporten i Appendiks A.

Prøvetakingen som ble utført er standard for denne type undersøkelser og følgende utstyr ble benyttet:

- Langarmet van Veen grabb, offshore type (Delprodukter merket B15)
- Ekstra langarmet van Veen grabb, offshore type (Delprodukter merket B1)
- Langarmet van Veen grabb, lett offshore type (Delprodukter merket B22)
- Kortarmet van Veen grabb (B17)
- Kombigrabb – modifisert van Veen (0, 15m<sup>2</sup> overflateareal, tar kjemi- og biologiprøver i samme hugg) (merket B23)
- Kombigrabb – modifisert van Veen (0, 15m<sup>2</sup> overflateareal, tar kjemi- og biologiprøver i samme hugg) (merket B25)
- Lett fjordgrabb (Type KC merket B16)
- Mottaksbord i rustfritt stål
- Målesylinder
- Vaskebord
- Sikter (5 mm og 1,0 mm runde hull)
- Vinsj og aggregatpakke fra henholdsvis Uni Research og Cargotech.

Hviken grabb som ble benyttet til de ulike grabbprøvene er oppgitt i Appendiks A til toktrapporten. Et generelt mønster er at det ble benyttet kombigrabb på tre grabbhugg per stasjon (3 kjemi- og 3 biologiprøver). De to resterende biologiprøvene ble tatt med tradisjonell grabb. Denne fremgangsmåten ble benyttet for å spare tid og for å eliminere tidspress ved uttak av kjemiprøver. Et vanlig forløp på en stasjon var:

1. grabb: Kombigrabb (kjemi og bio), sjakles av umiddelbart og opparbeides
2. grabb: Tradisjonell grabb (kun bio) sendes ned mens grabb 1 opparbeides
3. grabb: Kombigrabb (kjemi og bio), sjakles av umiddelbart og opparbeides
4. grabb: Tradisjonell grabb (kun bio) sendes ned mens grabb 3 opparbeides
5. grabb: Kombigrabb (kjemi og bio)

Samme fremgangsmåte ble benyttet i tilsvarende undersøkelser i 2011. For å sjekke om bruk av to ulike grabber hadde betydning for biologieresultatene ble det clusteranalysene på grabbnivå fra hvert felt (i 2011) undersøkt mhp. fordelingen av grabbprøvene. Det ble ikke observert noen sammenheng eller systematisk mønster som kunne tyde på at de ulike grabbene ga ulike resultater.

De biologiske prøvene ble tilsatt formalinløsning (bufret med hexamin) med fargestoff (Bengalrosa). Prøvene ble oppbevart på plastspann, og lagret i finérkasser. Sedimentprøver til kjemiske analyser ble oppbevart i rilsanposer eller i plastbegere. Fire dypfrysere ble benyttet for

lagring av prøver til kjemisk analyser. Det ble også tatt med ulike kjemikalier til utprøving som erstatning for formalin som fikseringsmiddel.

I tillegg til innleid navigasjonssystem fra Fugro var det montert opp to separate navigasjonssystem (GPS fra Garmin og kartplotterprogram fra Nobeltec). Systemet gjør det greit å sjekke ut hvor fartøyet til enhver tid befinner seg, samt at alle posisjoner blir lagret hvert 10 min. Ett system ble plassert i arbeidscontaineren på dekk, og ett system hos toktleder for planlegging av den mest effektive seilingsrute.

### 3.1.3 Gjennomføring

Feltarbeidet ble gjennomført i henhold til programmet uten spesielle problemer. På Frode ble grabbene B25 og B17 benyttet. Detaljer er gitt i en separat toktrapport (DNV, 2012b) i vedlagte CD.

### 3.1.4 Kvalitetssikring

Prøvetaking ble utført i henhold til akkrediterte prosedyrer beskrevet i *Håndbok for Biolaboratoriets Kvalitetssystem; Prøvetaking av marint sediment og bløtbunnsanalyser*. Det ble spesielt lagt vekt på at sedimentoverflaten i prøven var uforstyrret og at vasking/sikting av faunaprøvene ble utført skånsomt. Alle prøvene ble dobbeltmerket og pakket i solide kasser for å unngå skade på prøve-emballasjen.

## 3.2 Biologiske analyser

### 3.2.1 Makrobentos – en introduksjon

Bunnfauna er dyr som lever på og i sediment (her sand, silt eller leire) og inkluderer følgende taksonomiske dyregrupper: børstemark (Polychaeta), krepsdyr (Crustacea), bløtdyr (Mollusca), pigghuder (Echinodermata) og Varia (samlegruppe for øvrige grupper). Kun dyr større enn 1 mm (makrobenthos) ble tatt med i undersøkelsen.

Metodene som er benyttet er i overensstemmelse med *Retningslinjer for Miljøovervåking* (TA 2848) og prosedyrene er beskrevet i DNVs Biolaboratoriets kvalitetssystem: "Prøvetaking av marint sediment og bløtbunnsanalyser".

Et flytdiagram som viser de forskjellige trinn i opparbeidelsen av makrofauna er vist i Figur 3.2-1.

Sammensetningen av bunndyrsamfunn gir informasjon om effekt av utslipp rundt oljeinstallasjoner. Grunnen til at bunndyr foretrekkes i denne typen undersøkelse er at de fleste artene er relativt stasjonære (de kan ikke flykte fra utslipp), noe som gjør at forandringer i artssammensetning og tetthet relativt lett kan påvises. De forekommer også i relativt høyt antall, noe som er gunstig ved statistisk behandling.

Sammensetningen av faunaen kan relateres til naturlig variasjon av miljøparametere som dyp og sedimenttype, samtidig som den kan relateres til forurensningsparametere som f.eks. metall- og hydrokarboninnhold i sedimentet. Bunnfauna nær olje- og gassinstallasjoner påvirkes av en rekke faktorer som kan spores tilbake til installasjonenes utslipp (borekaks, borevæske, olje og andre kjemikalier) samt fysiske forstyrrelser. Med utslipp menes både planlagte og ikke-planlagte utslipp.

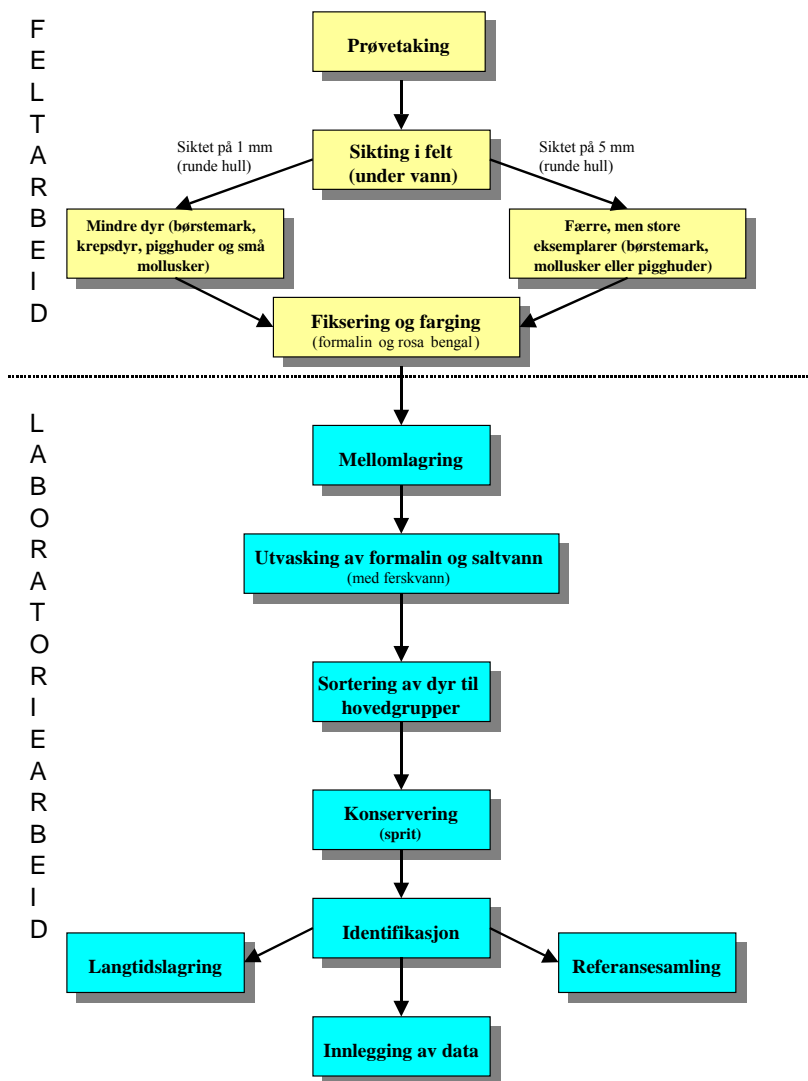
### 3.2.2 Sortering og artsbestemmelse

Under feltarbeidet ble prøvene vasket og siktet på 1 mm sikter. På laboratoriet ble prøvene vasket i 1 mm sikter for å fjerne formalin og rester av sedimentet. Sikteresten ble overført til en bakk. Deretter ble individene plukket ut for hånd under lupe.

Dyrene ble delt inn i taksonomiske hovedgrupper og oppbevart i 70 % sprit før artsbestemmelse.

Med unntak av dyregruppene som er nevnt under, ble alle individer bestemt til lavest mulig taksonomisk nivå (fortrinnsvis til artsnivå). Nematoda, Foraminafera og kolonidannende dyr (f.eks. Porifera og Bryozoa) ble kun registrert som tilstedeværende eller fraværende og ingen av disse er tatt med i analysene. Noen grupper (f.eks. Platyhelminthes, Nemertini, Tunicata, Tanaidacea) ble kvantifisert, men ikke bestemt videre til art.

Små individer som ikke lot seg artsbestemme fordi karaktertegn manglet, ble registrert som juvenile. Det er utarbeidet en egen referansesamling for undersøkelsen.



**Figur 3.2-1.** Flyttdiagram fra prøvetaking til innlegging av artsdata i programvare.

### 3.2.3 Statistiske metoder

Følgende matematiske og statistiske metoder er brukt som verktøy til å tolke resultatene:

- Antall arter pr. arealenhet.
- Antall individer pr. art.
- Shannon-Wieners diversitetsindeks,  $H'$  (Shannon & Weaver 1963).
- Jevnhetsindeks kalkulert ved hjelp av Pielous evenness,  $J'$  (Pielou 1966).
- Forventet antall arter i per 100 individer ( $ES_{100}$ ) (Sanders rarefaction 1968).
- Nevnte metoder/analyser er beregnet ut fra vedlagt artslister (på CD). Det er i tillegg benyttet ulike multivariate analyseteknikker (se nedenfor).
- Faunalikhet mellom stasjonene ved hjelp av Bray-Curtis likhets indeks  $\delta_{jk}$  (Bray & Curtis 1957). Likhetsmatrisen ble benyttet i multivariate analyser for å se på gradienter og grupperinger stasjonene i mellom. Metodene som ble brukt var hierarkisk grupperings-teknikk som grupperer stasjoner etter gjennomsnittlig likhet (hierarchical agglomerative classification) (Lance & Williams 1967), og ordinasjon med “non-metric Multi-Dimensjonal Scaling (MDS), (Kruskal and Wish 1978).
- Klassifikasjon, MDS- og PCA-ordinasjon samt BIOENV og SIMPER ble gjennomført med programpakken PRIMER (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research).
- Tabell over de 10 tallmessig dominerende arter ved hver stasjon.

Både de statistiske metodene og de multivariate analysene er nærmere beskrevet i Appendiks D (se vedlagt CD).

Rådata er lagret i miljøovervåkingsdatabasen (MOD) og finnes i appendiks B på vedlagte CD.

### 3.2.4 Kvalitetssikring

Det er utarbeidet en egen kvalitetsplan for prosjektet. Kvalitetssikringen av resultater og rapport er basert på egensjekk og intern verifikasjon.

Prosedyrer inkl. rutiner for kvalitetskontroll i forbindelse med opparbeiding, artsbestemmelse og registrering av bløtbunnsprøver er gitt i håndboken *Biolaboratoriets Kvalitetssystem* (for metoden “Prøvetaking av marint sediment og bløtbunnsanalyser”).

I korte trekk ble følgende gjennomført:

I felt ble alle prøver dobbeltmerket og journalført. Prøvene ble fraktet i spesialkasser, og i laboratoriet ble all sortering loggført (hvem som sorterte når, tidsforbruk for hver prøve, antall glass til oppbevaring, spesielle observasjoner). Hver prøve ble kontrollert av en på forhånd godkjent kontrollør.



Hver artsbestemmer har utarbeidet en egen referansesamling som ved tvil ble sammenlignet med DNVs referansesamling. Ved tvil i artsbestemmelsen er dette påpekt i artslisten. For å oppnå sporbarhet har hver artsbestemmer signert ut hvilke grabber og dyregrupper vedkommende har bestemt. Referansesamlingen er lagret hos DNV.

Alle registrerte artsnavn blir sjekket i WoRMS (World Register of Marine Species) for å oppdatere en kontinuerlig endrende artsystematikk. Alle artsnavn på listene i rapportens vedlegg er WoRMS validerte artsnavn (der parenteser i artsnavnene forekommer, er disse slik de er registrert i WoRMS), med tre unntak:

- Til tre arter blir suffiksen *complex* brukt: i) *Chaetozone setosa complex*- Grunnet flere arter som er vanskelige å skille fra hverandre under stereomikroskopet, blir disse sett på som en vanskelig gruppe. For å kunne identifisere artene riktig trengs chaetae å eksamineres under et mikroskop. Definisjonen som blir brukt for denne gruppen er: «Bakre segmenter med en nesten komplett ring av modifiserte chaetae/kroker». ii) *Lumbrineris scopa complex* og iii.) *Lumbrineris aniara complex*. Etter ekskludering av andre arter som har lett gjenkjennelige morfologiske trekk under stereomikroskopet, som *Augenaria*, *Abyssoninoe* m.m., blir de øvrige registrert under “complex” gruppen. *Scopa complex*: spiss prostomium. *Aniara complex*: rund prostomium.
- Endelsen *juv*. Står for juvenile individer.
- *Cf* indikerer usikkerhet i artsbestemmelsen, brukt for arter som likner en kjent art men har noen forskjellige morfologiske trekk. eksempelvis indikerer *Byblis c.f. Gaimardii* at det trolig er denne arten men at det er usikkert på artsnivå (ikke slektsnivå)

Detaljer om kvalitetssikringsrutiner og -resultater er omtalt i Appendiks B.

### 3.3 Kjemiske analyser og sedimentkarakterisering

#### 3.3.1 Oversikt over analyseparametere

Analyse	Parameter
<u>Sedimentkarakterisering</u>	
Kornstørrelsefordeling:	- Fordeling av silt og leire ( $< 63\mu\text{m}$ ) og sand ( $> 63\mu\text{m}$ ) - Kumulativ vekt% fordeling fra $63\text{-}2000\mu\text{m}$ - Median partikkeldiameter (Md), standard avvik (SD), skjevhet (Sk) og kurtosis (K)
Totalt organisk materiale:	- % TOM i sedimentet
<u>Kjemiske analyser</u>	
Hydrokarboner	- THC, sum C12-C35 - NPD, naftalener, fenantrener og dibenzotiofener, sum og enkeltforbindelser - PAH, 16 EPA forbindelser, sum og enkeltforbindelser
Metaller	- Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ti, Zn

#### 3.3.2 Sedimentkarakterisering

##### 3.3.2.1 Kornstørrelsefordeling

Metoden for bestemmelse av kornstørrelsesfordeling i sedimentprøver er beskrevet i Buchanan (1984). Metoden består av en hurtig, mekanisk separasjon av sandfraksjonen ( $> 63\mu\text{m}$ ) fra silt og leire. Denne sandfraksjonen tørkes og siktes gjennom et sett med graderte sikter.

De tre grabbprøvene fra 0-5 cm sjiktet på hver stasjon ble blandet og homogenisert, og en homogenisert prøve ble analysert. Ca. 10 g ble veid ut til nærmeste 0,01 g før våtsikting på en  $63\mu\text{m}$  sikt. En egen prøve ble innveid, tørket og tørrvekten ble bestemt. Prosent silt og leire ( $< 63\mu\text{m}$ ) i tørr prøve ble så beregnet.

Den gjenværende sandfraksjonen ( $> 63\mu\text{m}$ ) ble tørket ved  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ , og siktet på nytt i tørr tilstand. En serie Retsch graderte sikter (Endecott Test Sieves, London) med mesh størrelser fra 2000 til  $63\mu\text{m}$  ble brukt. Prøven ble ristet på en Retsch KG testing sieve shaker i ti minutter. Vekten av hver fraksjon ble bestemt til nærmeste 0,01 g. En kumulativ vekt % fordeling ble beregnet, og beregningene ble videre brukt til å bestemme median partikkel diameter og avvik, skjevhet og kurtosis for partikkelstørrelsesfordelingen. Fordi partikkelstørrelsesfordelingen for fraksjonen  $< 63\mu\text{m}$  ikke ble bestemt, ble  $\phi$ -verdien for denne samlefraksjonen satt lik 8 (beskrevet i Faksness 1998). Verdiene for  $\text{Md}\phi$ ,  $\text{SD}\phi$ ,  $\text{Sk}\phi$  og  $\text{K}\phi$  må derfor betraktes som ekstrapolerte resultater.

Formler brukt for beregninger av  $\text{Md}\phi$ ,  $\text{SD}\phi$ ,  $\text{Sk}\phi$  og  $\text{K}\phi$ :

$\text{Md}\phi$  (median partikkel diameter):

$\text{Md}\phi$  = verdien til midtpunktet (dvs. 50 %) til den kumulative % vektkurven.

$\text{SD}\phi$  (standard avvik):

$\text{SD}\phi$  estimeres ved:

$$SD\phi = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

SD $\phi$  gir et mål for spredning i partikkelstørrelse rundt Md $\phi$ , og således et mål for sorteringsgraden.

#### Sk $\phi$ (skevhet):

Sk $\phi$  estimeres ved:

$$Sk\phi = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2Md\phi}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2Md\phi}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

Sk $\phi$  beskriver symmetrien av spredningen i fordelingen rundt Md $\phi$ . En fullstendig symmetrisk fordeling vil ha Sk $\phi$  = 0, negative verdier indikerer forskyvning av fordelingskurven mot grovere sediment, og positiv Sk $\phi$  verdier indikerer forskyvning mot finere sediment.

#### Kurtosis, K $\phi$ :

K $\phi$  estimeres ved:

$$K\phi = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

K $\phi$  beskriver toppetheten til fordelingen, dvs. hvor tung halene er (uttrykt ved  $\phi_5$  og  $\phi_{95}$  fraksjonene) sammenlignet med den sentrale delen av fordelingen. For en normal fordeling vil K $\phi$  verdien være 1,00.

Oversikt over meshverdier og kornstørrelsesparametere er gitt i Tabell 3.3-1 og Tabell 3.3-2.

**Tabell 3.3-1 Kornstørrelsefordeling. Mesh størrelser og Wentworth klassifisering (Buchanan, 1984)**

Mesh diameter ( $\mu\text{m}$ )	$\phi$	Beskrivelse
4000	-2	Grus
2000	-1	
1000	0	Grov sand
500	1,0	
355	1,5	Medium sand
250	2,0	
180	2,5	Fin sand
125	3,0	
90	3,5	Veldig fin sand
63	4,0	
<63	>4,5	Silt og leire (pelitt)

$\phi$ -verdien for silt og leire fraksjonen blir satt lik 8.

**Tabell 3.3-2** *Tolkning av beskrivende størrelser.*

	Indeks verdi	Tolkning
Standardavvik (SD $\phi$ )	<0,35	svært godt sortert
	0,35-0,50	godt sortert
	0,50-0,71	moderat godt sortert
	0,71-1,00	moderat sortert
	1,00-2,00	dårlig sortert
	2,00-4,00	svært dårlig sortert
	>4,00	ekstremt dårlig sortert
Skjevhet (Sk $\phi$ )	+1,00 til +0,30	meget skjev mot finkornig
	+0,30 til +0,10	skjev mot finkornig
	+0,10 til -0,10	symmetrisk
	-0,10 til -0,30	skjev mot grovkornig
	-0,30 til -1,00	meget skjev mot grovkornig
Kurtosis (K $\phi$ )	<0,67	meget platykurtisk
	0,67-0,90	platykurtisk (flat-toppet)
	0,90-1,11	mesokurtisk (nærmest normal)
	1,11-1,50	leptokurtisk (overdreven toppet)
	1,50-3,00	meget leptokurtisk

### 3.3.2.2 Totalt organisk materiale

De tre grabbprøvene fra 0-5 cm sjiktet på hver stasjon ble blandet og homogenisert, og en homogenisert prøve ble analysert. Ca. 20 g vått sediment ble veid inn i en porselensdigel. Prøven ble tørket ved 105 °C i minst 20 timer, avkjølt og veid, og deretter glødet ved 480 °C i minst 16 timer. Prosent vekttap etter glødingen (glødetap) ble regnet ut, og vekttapet utgjør totalt organisk materiale (TOM) i sedimentet. To sedimentstandarter med et kjent innhold av TOM ble analysert sammen med prøvene. For å kontrollere at karbonater ikke forsvinner ved glødingen, ble standarter av kalsium karbonat glødet sammen med sedimentprøvene, og vekttapet ble kontrollert.

### 3.3.3 Kjemiske analyser

#### 3.3.3.1 Hydrokarboner

Den kjemiske analysen av organiske forbindelser omfatter bestemmelse av totalmengde hydrokarboner fra n-C<sub>12</sub> til n-C<sub>35</sub> (THC). De viktigste trinnene i analyseprosedyren er vist i Figur 3.3-1. Sedimentprøvene ble opparbeidet med forsåpning og deretter ekstraksjon med diklormetan. Ekstraktene ble rensset på en silika kolonne for å fjerne polare komponenter. Innholdet av hydrokarboner ble bestemt med bruk av gasskromatografi (GC/FID) og gasskromatografi/massespektrometri (GC/MS). De instrumentelle betingelsene er gitt i Tabell 3.3-3 og Tabell 3.3-4 henholdsvis.

**Opparbeiding:**

Sedimentprøvene ble tatt og oppbevart i Rilsanposer. Homogenisering av prøvene ble foretatt ved omrøring i Rilsanposen. 50 g våt sedimentprøve (flere prøveuttak tilfeldig fra posen) ble veid inn, og steiner >0,5 mm ble unngått. Interne standarder ble tilsatt, 5 µg hver av naftalen-d<sub>8</sub>, fenantren-d<sub>10</sub>, pyren-d<sub>10</sub>, krysen-d<sub>12</sub> og perylen-d<sub>12</sub>. Disse ble benyttet til bestemmelse av NPD og PAH.

Førsåpning: Prøven ble kokt med 50 mL 0,5 M metanolisk KOH under reflux i 2 timer.

Blandingen ble så ekstrahert med totalt 100 mL diklormetan.

Diklormetaneekstraktet ble inndampet til ca. 1 mL. 1 mL heksan ble tilsatt, og ekstraktet ble på nytt inndampet til 1 mL. Dette ble gjentatt to ganger. Heksanløsningen ble rensset på Bond-Elut silica kolonner (Isolute, International Sorbent Technology). Eluatet ble konsentrert og analysert for innhold av hydrokarboner.

En aliquot av det våte homogeniserte sedimentet ble veid inn, tørket ved 105 °C i 2 døgn, og tørrvekten ble bestemt.

**Kvantifisering:**

THC (totalmengde hydrokarboner) ble bestemt med gasskromatografi i kokepunktområdet n-C<sub>12</sub> alkan til n-C<sub>35</sub> alkan. Kvantifiseringen ble utført med bruk av en ekstern standard av referanseoljen, boreslamsolje HDF 200 fra Statoil. Resultatene ble korrigert for bakgrunnsverdier fra blindprøver.

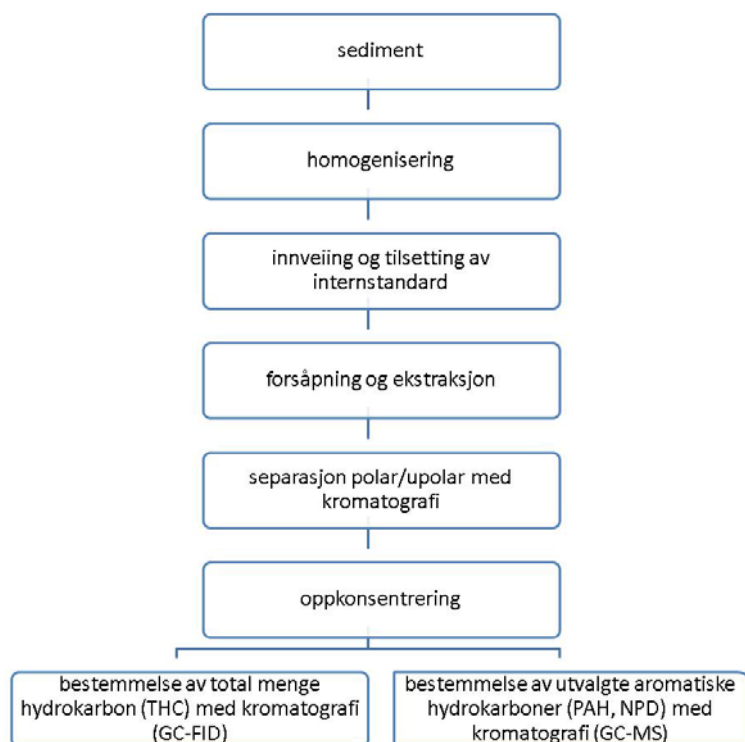
NPD og PAH ble bestemt med gasskromatografi/massespektrometri og registrering av enkeltioner. Kvantifiseringen ble foretatt i forhold til de tilsatte interne standardene med integrering av molekyllionene. Følgende forbindelser ble bestemt: naftalen, fenantren, antracen, dibenzotiofen og deres C<sub>1</sub>-, C<sub>2</sub>- og C<sub>3</sub>-alkylerte derivater, acenaften, acenaftylen, fluoren, pyren, fluoranten, krysen/trifenylen, benzo(a)antracen, benzo(a)pyren, benzo(b)fluoranten/benzo(j)fluoranten/benzo(k)fluoranten, benzo(g,h,i)perylene, indeno(1,2,3-cd)pyren og dibenzo(a,h)antracen. For hver av de C<sub>1</sub>- C<sub>3</sub>-alkylhomologe gruppene ble en av isomerene brukt som referanse for kvantifiseringen. De oppgitte verdiene er korrigert for bidrag fra løsningsmidlene (blindverdier).

**Tabell 3.3-3 GC-FID betingelser**

Gasskromatograf	:	Perkin Elmer Autosystem XL
Kolonne	:	12 m x 0,20 mm i.d., fused silica, crosslinked with dimethyl silicone
Temperaturer:		
kolonne	:	50 °C (2 min) - 20 °C/min - 300 °C (8 min)
injektor	:	320 °C
Bæregass	:	Helium
Injisert mengde	:	1 µL
Datasystem	:	TotalChrom 6.2
HDF 200	:	0,1 – 10 mg/mL hexane

**Tabell 3.3-4 GC-MS betingelser**

Massespektrometer	:	Clarus 500 og Clarus 600 Mass Spectrometer, Perkin Elmer
Datasystem	:	TurboMass
Gasskromatograf	:	Clarus 500 og Clarus 600 Gas Chromatograph, Perkin Elmer
Kolonne:	:	30 m fused silica, 0,25 µm DB-5ms
Temperaturer:		
kolonne	:	40 °C (2 min) - 20 °C/min - 120 °C 10 °C/min - 300 °C (15 min)
injektor	:	300 °C
ionekilde	:	180 °C
Bæregass	:	Helium
Ionisasjon	:	Elektronionisering, 70 eV
Masses (m/z):		
C <sub>0</sub> -C <sub>3</sub> naftalen	:	128, 141, 156, 170
C <sub>0</sub> -C <sub>3</sub> fenantren	:	178, 192, 206, 220
C <sub>0</sub> -C <sub>3</sub> dibenzotiofen	:	184, 198, 212, 226
PAH	:	152, 153, 166, 202, 228, 252, 276, 278
Deutererte standarder	:	136, 164, 188, 212, 240, 264
Injisert mengde	:	1 µL



**Figur 3.3-1** Oversikt over de viktigste trinnene ved bestemmelse av hydrokarboner i sedimenter.

### 3.3.3.2 Metaller

Den kjemiske analysen av metaller inkluderer bestemmelse av Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ti og Zn med salpetersyreoppslutning (NS 4770).

Sedimentprøven ble tørket ved 40 °C i 2 døgn, homogenisert og siktet gjennom et 0,5 mm nylon nett. 1 g av sedimentfraksjonen < 0,5 mm ble ekstrahert med 20 mL 7 M salpetersyre i en pyrex oppslutningskolbe i en autoklav ved 120° i 30 min. Etter avkjøling ble 80 mL avionisert vann tilsatt. Løsningen ble deretter blandet godt, og etter sedimentering ble den klare løsningen dekantert over i en polyetylenflaske.

Det ble ved bestemmelsen av Ba, Cr, Cu, Ti, Pb og Zn benyttet ICP-AES, induktivt koplet plasma optisk emisjonsspektrometer. Cd ble bestemt ved bruk av ICP-MS, induktivt koplet plasma massespektrometer (ICP-MS), mens Hg ble bestemt ved bruk av CV-AAS, atomadsorpsjon kald damp teknikk. Bestemmelsene av Ba, Cr, Cu, Ti, Pb og Zn er utført i hht. NS-EN ISO 11885/ICP-AES. Bestemmelse av Cd er utført i hht. NS-EN 14385. Hg er bestemt etter intern metode i hht. NS-EN 1483.

ICP-AES:

Instrument: Thermo iCAP 6500

Analyselinjer: Ba: 455,403 nm, Cr: 267,716 nm, Cu: 324,754 nm, Zn: 213,856 nm, Pb: 220,353 nm og Ti: 336,12

ICP-MS:

Instrument: PerkinElmer Elan DRC II.

Masse: Cd: 111 og 114.

CVAAS:

Instrument: CETAC M-7500A

Analyselinje: Hg: 253,7 nm

### 3.3.3.3 Kvantifiseringsgrenser

Deteksjonsgrense og kvantifiseringsgrense

Deteksjonsgrensen (limit of detection LOD) og kvantifiseringsgrensen (limit of quantitation LOQ) er beregnet som henholdsvis 3 og 10 standardavvik over gjennomsnittsverdien for blindprøvene. Dette er kriterier gitt av ACS Committee on Environmental Improvements ("Guidelines for Data Acquisition and Data Quality Evaluation in Environmental Chemistry", Anal.chem. 52 (1980) p. 2242-2249). Deteksjonsgrensene (LOD) og kvantifiseringsgrensene (LOQ) kan finnes i Tabell 3.3-5.

**Tabell 3.3-5** Deteksjonsgrenser (LOD) og kvantifiseringsgrenser (LOQ), hydrokarboner og metaller

Analyseparameter	LOD mg/kg	LOQ mg/kg
THC	1	3
Sum NPD*	0,01	0,03
Sum PAH*	0,005	0,02
Ba	1	3
Cd (ICP-MS)	0,01	0,03
Cr	0,1	0,3
Cu	0,5	2
Hg	0,01	0,03
Pb	0,5	2
Ti	1	3
Zn	1	3

\* anslått ut fra analyse av blindprøver

### 3.3.4 Kvalitetssikring

Molab as er akkreditert av Norsk Akkreditering for kornstørrelsesfordeling og kjemiske analyser under akkrediteringsnr.: Test 032. Akkrediteringen er i henhold til NS-EN ISO/IEC 17025. Detaljerte resultater finnes i Appendiks C.

#### *Kvalitetskontroll for kornstørrelsesfordeling*

Metoden er sjekket med referanseprøver som er siktet ved et annet akkreditert laboratorium. En husstandard blir analysert for hver 10. prøve etter samme prosedyre som de reelle prøvene og resultatene blir plottet inn på kontrollkortet.

#### *Kvalitetskontroll for totalt organisk materiale*

Kalsiumkarbonat blir glødet ved 480 °C sammen med sedimentprøvene, og vekttapet blir kontrollert. Husstandarder ble analysert regelmessig i prosjektperioden.

#### *Kvalitetskontroll for hydrokarboner*

Analyseprosedyrene blir kontrollert regelmessig ved analyse av kvalitetssikringsprøver og blindprøver. Standardprøver med mineralolje analyseres hver gang det utføres en THC analyse. Husstandarder analyseres regelmessig, og resultatene plottes inn på kontrollkort. Sertifiserte referansematerialer analyseres for kontroll av nøyaktigheten.



Laboratoriet deltar regelmessig i sammenlignende laboratorieprøvinger internasjonalt (SETOC) for THC og PAH. For PAH og NPD gjennomføres i tillegg en sammenligning med et annet laboratorium.

### ***Kvalitetskontroll for metaller***

Alle reagenser er av graden pro analyse. Et sertifisert referansemateriale, husstandarder og blindprøver blir analysert sammen med prøvene i hver analyserunde.

De sertifiserte verdiene gjelder total oppslutning. Sertifiserte verdier for NS 4770 (partiell oppslutning) finnes ikke. På laboratoriet er det imidlertid etablert en "referanseverdi" for partiell oppslutning ved analyse av det sertifiserte referansematerialet i perioden 1999-2012. Prøvene blir analysert på nytt dersom resultatene for referansematerialet ligger utenfor gitte krav.

Nøyaktighet og reproduserbarhet kontrolleres ved analyse av det sertifiserte referansematerialet.

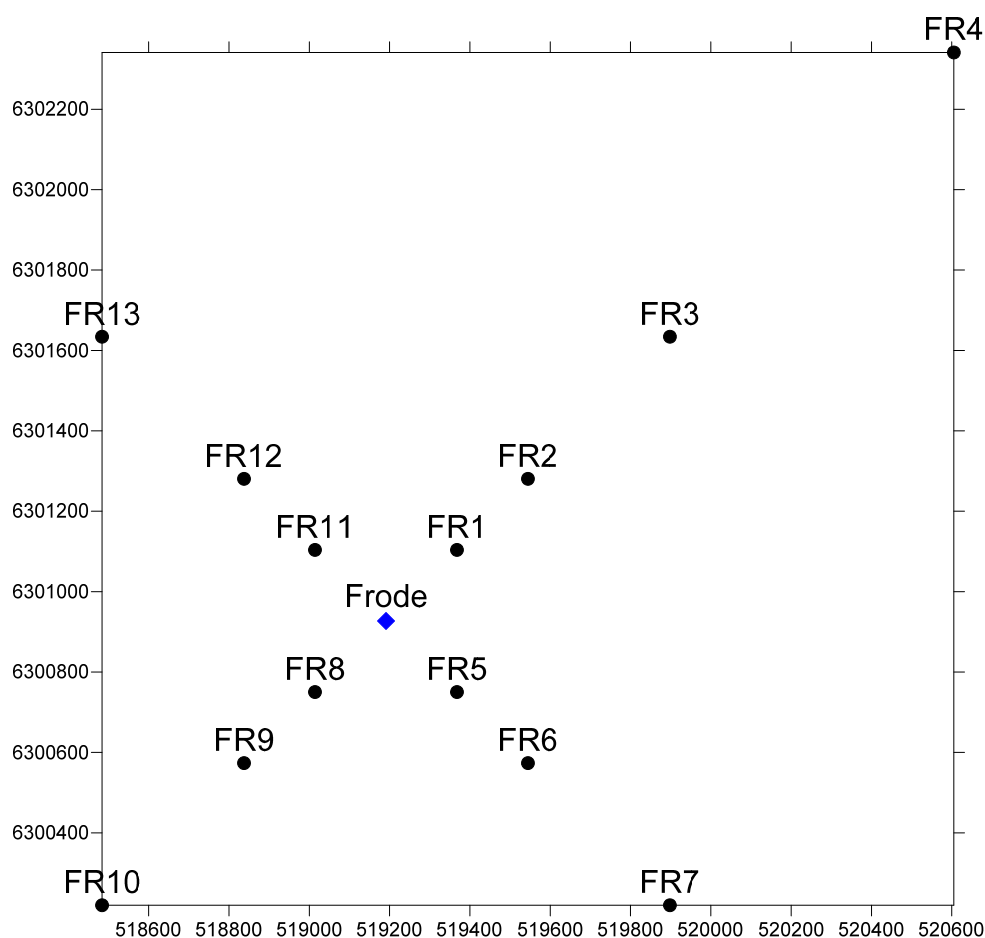
## **3.4 Avvik fra Retningslinjene**

Det er ikke registrert avvik fra retningslinjene (Klif, 2011).

## 4 RESULTATER

### 4.1 Fra prøvetakingen

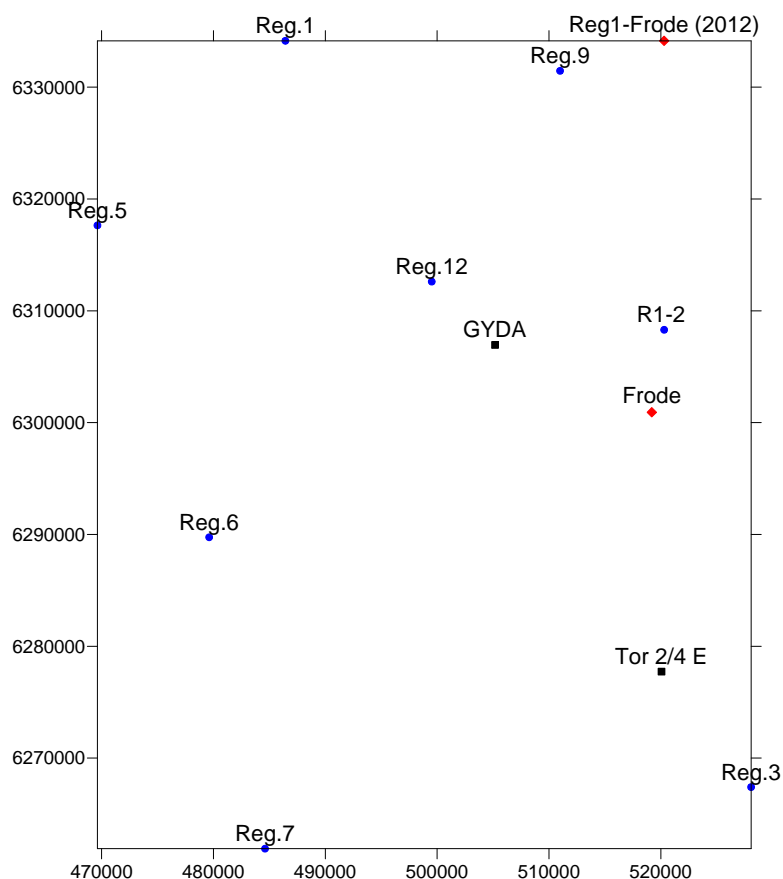
Stasjonsplasseringen på Frodefeltet er vist i Figur 4.1-1. Det ble samlet inn prøver for biologiske og kjemiske analyser på alle stasjoner. Stasjonsdypet varierte fra 66 til 69 m, og sedimentet bestod hovedsakelig av olivengrønn/grågrønn fin sand med innslag av leire og silt.



**Figur 4.1-1** Stasjonsplassering Frode 2012. Den regionale stasjonen REG1-2 er ikke vist i figuren.

Prøvetakingen ble utført i henhold til programmet uten bomskudd eller andre nevneverdige problemer. Det ble også tatt prøver på en regional stasjon. I programmet var det planlagt å inkludere den eksisterende regionale stasjonen R1-2 i undersøkelsen på Frode. Pga. sammenblanding av koordinater ble imidlertid den regionale stasjonen plassert nord for den eksisterende regionale stasjonen REG1-2, se Figur 4.1-2. I Tabell 4.1-1 er det derfor gjort en sammenligning av sedimentkarakteristikk og nivåer av de mest sentrale parametrene (THC og Ba) for R1-2 (data fra 2011) og stasjonen som ble prøvetatt i 2012 (REG1-Frode 2012). Den eksisterende regionale stasjonen R1-9 er også inkludert siden denne er lokalisert nærmest den feilplasserte stasjonen. Tabellen viser at sedimentkarakteristikken på de tre regionale stasjonene

er svært lik, og nivåene av hydrokarboner og barium er lave. På bakgrunn av dette vurderes stasjonen REG1- Frode (2012) å være representativ for området og vel egnet som regional stasjon tilegnet Frodefeltet.



**Figur 4.1-2.** Plassering av regional stasjon for Frode 2012 inkl. nærliggende regionale stasjoner fra tidligere undersøkelser. Den eksisterende regionale stasjonen R1-2 var inkludert i programmet, men i stedet ble REG1-2 (2012) (i rødt) prøvetatt.

**Tabell 4.1-1** Utvalgte parametre fra to regionale stasjoner fra 2011 og den regionale stasjonen fra 2012.

	REG1-Frode (2012)	Reg1-2 (2011)	Reg1-9 (2011)
Dyp (m)	66	68	66
Korn	Fin sand, 97,5 %, $\phi$ : 2,65	Fin sand, 92,7 %, $\phi$ : 2,52	Fin sand, 88,4 %, $\phi$ : 2,47
TOM (%)	0,71	0,54	0,84
THC (mg/kg tv.)	<1	3,7	2,4
Ba (mg/kg tv.)	6	18,2	6,15

## 4.2 Sedimentkarakterisering

### Kornstørrelsesfordeling

Resultatene fra analysen av kornstørrelsesfordeling er gitt i Tabell 4.2-1 og Figur 4.2-1. Detaljerte resultater er gitt i Appendiks C.

Sedimentet består av fin sand, andel sand varierer fra 90,4 til 98,1 %. Den høyeste andel av silt og leire er målt ved FR9 (9,6 %). Den regionale stasjonen REG1-Frode (2012) ligger på samme nivå som feltstasjonene.

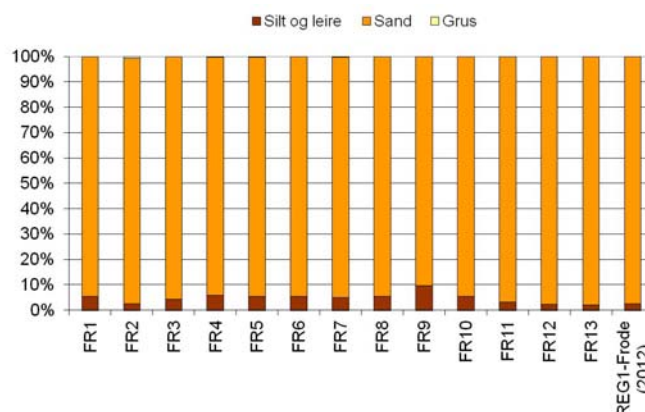
### Totalt organisk materiale (TOM)

Innholdet av totalt organisk materiale er vist i Tabell 4.2-1 og Figur 4.2-1. Innholdet er lavt og varierer fra 0,68 til 0,96 %. TOM verdiene er på samme nivå som den regionale stasjonen.

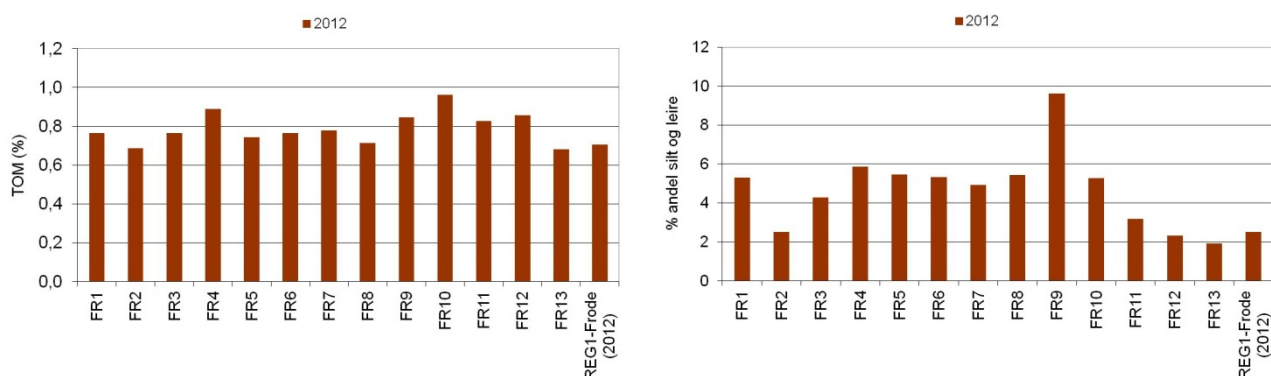
**Tabell 4.2-1** Frode 2012, kornstørrelsesfordeling og totalt organisk material (TOM) i % av tørt sediment.

Stasjon	Retning (°)	Avstand (m)	Dyp (m)	TOM (%)	Klassifisering	Silt & leire (%)	Sand (%)	Grus (%)	Median (Φ)
FR1	45	250	66	0,77	Fin sand	5,3	94,7	0,0	2,74
FR2	45	500	66	0,69	Fin sand	2,5	96,9	0,5	2,63
FR3	45	1000	67	0,76	Fin sand	4,3	95,7	0,0	2,73
FR4	45	2000	67	0,89	Fin sand	5,9	94,0	0,2	2,79
FR5	135	250	67	0,74	Fin sand	5,5	94,5	0,1	2,57
FR6	135	500	68	0,77	Fin sand	5,3	94,7	0,0	2,65
FR7	135	1000	66,5	0,78	Fin sand	4,9	94,9	0,2	2,68
FR8	225	250	66,5	0,71	Fin sand	5,4	94,6	0,0	2,59
FR9	225	500	68,5	0,85	Fin sand	9,6	90,4	0,0	2,72
FR10	225	1000	69	0,96	Fin sand	5,3	94,7	0,0	2,78
FR11	315	250	67,5	0,83	Fin sand	3,2	96,8	0,0	2,69
FR12	315	500	68	0,86	Fin sand	2,3	97,7	0,0	2,72
FR13	315	1000	68	0,68	Fin sand	1,9	98,1	0,0	2,65
REG1-Frode (2012)			66	0,71	Fin sand	2,5	97,5	0,0	2,65
Min.*				0,68		1,9	90,4	0,0	2,57
Max.*				0,96		9,6	98,1	0,5	2,79

\*: Regional stasjon ikke medregnet



**Figur 4.2-1** Frode og regional stasjon REG1-2 2012, sedimentkarakteristikk (TOM og andel silt og leire). Andel silt og leire, sand og grus for 2012 er vist øverst. Forts.



Figur 4.2-1 forts.

### 4.3 Kjemiske analyser

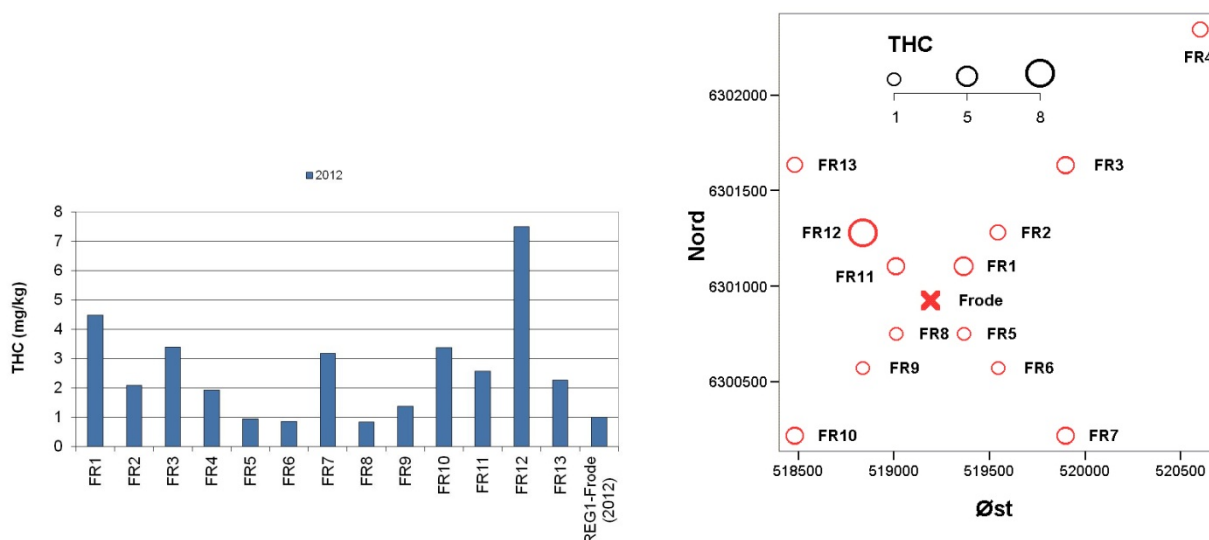
#### Hydrokarboner

Hydrokarbonresultatene er gitt i Tabell 4.3-1 og Figur 4.3-1. Figur 4.3-1 viser også fordelingen av THC relatert til stasjonsplassering. Detaljerte resultater på grabbnivå er gitt i Appendiks C.

**Tabell 4.3-1** Frode, gjennomsnittlige konsentrasjoner av hydrokarboner (mg/kg tørt sediment).

Stasjon	Retning (°)	Avstand (m)	THC snitt	SD	PAH snitt	SD	NPD snitt	SD
FR1	45	250	4	1	0,052	0,014	0,03	0,01
FR2	45	500	2	2	0,035	0,011	0,03	0,01
FR3	45	1000	3	3				
FR4	45	2000	2	1				
FR5	135	250	1	1				
FR6	135	500	1	1				
FR7	135	1000	3	3				
FR8	225	250	1	0				
FR9	225	500	1	1				
FR10	225	1000	3	0				
FR11	315	250	3	0				
FR12	315	500	8	8				
FR13	315	1000	2	1				
REG1-Frode (2012)			<1	-	0,018	0,005	0,02	0,01
Min.*			1		0,035		0,03	
Max.*			8		0,052		0,03	

\*: Regional stasjon ikke medregnet



**Figur 4.3-1** Frode 2012, til venstre: THC-innhold (mg/kg) i overflatelaget (0-1cm) fra tre parallelle prøver, inkl. regional stasjon REG1-Frode (2012). Til høyre: Fordeling av THC relatert til stasjonsplassering. Arealet i sirkelen er proporsjonal med konsentrasjonene.

THC-konsentrasjonen (0-1 cm sjikt) på Frode ligger i området 1 – 8 mg/kg. Alle stasjonene bortsett fra FR12 ligger under LSC-verdien for REGI ( $LSC_{REGI\ 96-11}$  6,3 mg/kg THC) og på samme nivå som de regionale stasjonene REG1-Frode (2012) og REG1-2 og -9 fra 2011. Samtlige kromatogram viser kun naturlige bakgrunnsnivåer. PAH og NPD-nivåene er lave, konsentrasjonene er i samme område som  $LSC_{REGI\ 96-11}$  (0,062 mg/kg PAH og 0,026 mg/kg NPD). Alle stasjoner ligger på samme nivå som den regionale stasjonen REG1- Frode (2012).

FR12 viser høyere THC verdier enn resten av feltet, og standardavviket er høyt. Prøvene er re-analysert med samme resultat. Loggen fra feltarbeid viser ingen spesielle kommentarer fra denne stasjonen, og noen forklaring er ikke funnet.

## Metaller

Gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner er gitt i Tabell 4.3-2 og Figur 4.3-2. Fullstendig resultattabell er gitt i Appendiks C. Figur 4.3-3 viser fordelingen av Ba relatert til stasjonsplassering.

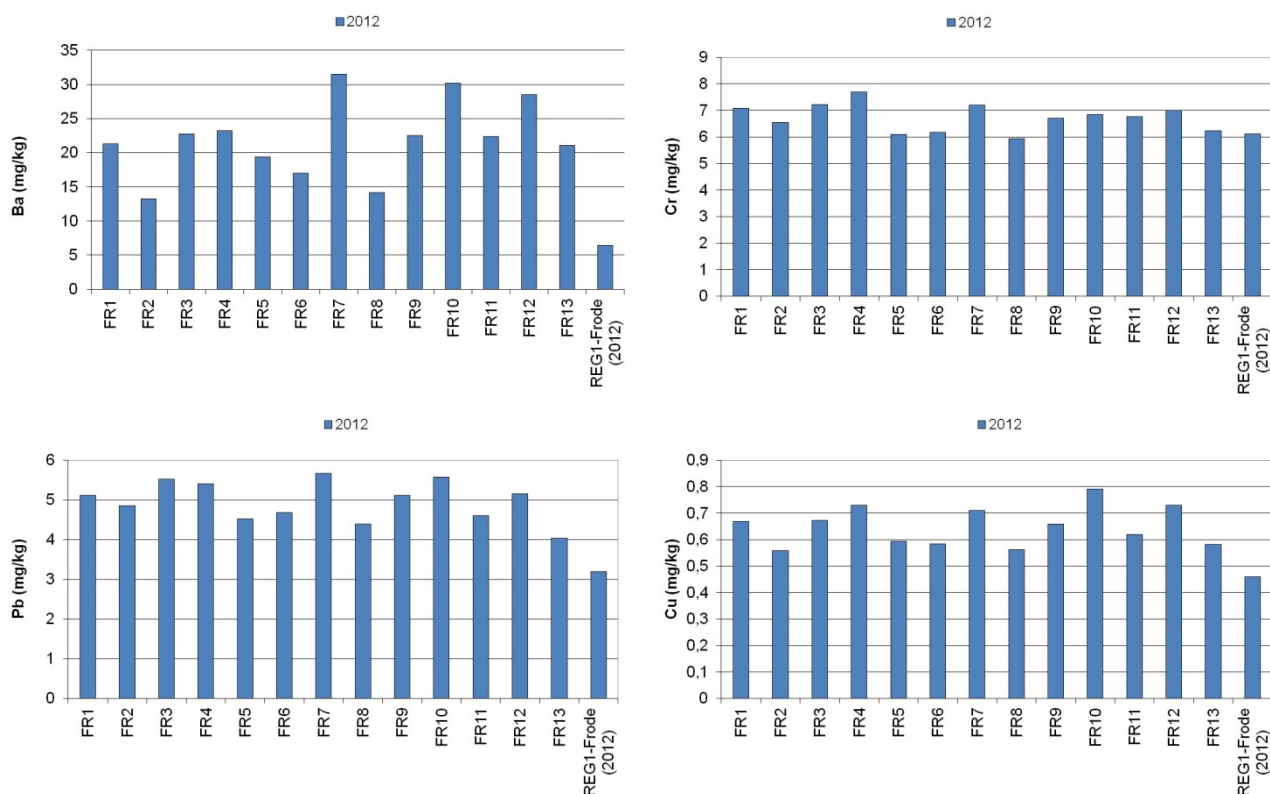
Høyeste gjennomsnittlige Ba-verdi er målt ved FR7 med  $31 \pm 3$  mg/kg. Ba-nivået på alle feltstasjonene er omtrent fire ganger høyere enn på REG1- Frode (2012). Cd, Cu, Hg, Pb, Ti og Zn resultatene er på samme nivå som REG1- Frode (2012).

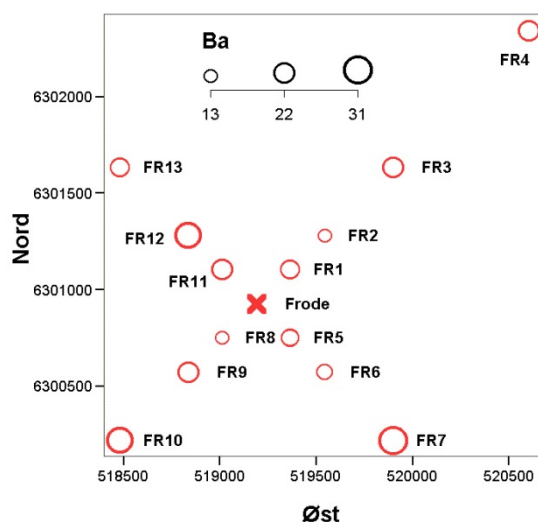
Ved sammenligning med  $LSC_{REGI\ 96-11}$  (Ba: 72,5 mg/kg, Cd: 0,014 mg/kg, Cr: 8,4 mg/kg, Cu: 1,4 mg/kg, Hg: 0,018 mg/kg, Pb: 8,0 mg/kg og Zn: 7,3 mg/kg) viser årets undersøkelse lavere nivåer for alle metaller på alle stasjoner.

**Tabell 4.3-2** Frode og regional stasjon REG1- Frode 2012, gjennomsnittlige metallkonsentrasjoner (mg/kg tørt sediment).

Stasjon	(°m)	Ba		Cd		Cr		Cu		Hg		Pb		Ti		Zn	
		snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	snitt	SD	t	SD	t	SD	t	SD
FR1	45/250	21	4	<0,01	-	7,1	0,2	0,7	0,2	<0,01	-	5,1	0,2	91	7	6	1
FR2	45/500	13	2	<0,01	-	6,6	0,2	0,6	0,2	<0,01	-	4,9	0,3	96	3	5	0
FR3	45/1000	23	8	<0,01	-	7,2	0,1	0,7	0,1	<0,01	-	5,5	0,3	105	2	5	1
FR4	45/2000	23	9	<0,01	-	7,7	0,4	0,7	0,4	<0,01	-	5,4	0,4	95	12	6	0
FR5	135/250	19	9	<0,01	-	6,1	0,5	0,6	0,5	<0,01	-	4,5	0,4	85	13	5	1
FR6	135/500	17	4	<0,01	-	6,2	0,1	0,6	0,1	<0,01	-	4,7	0,1	74	3	5	0
FR7	135/1000	31	3	<0,01	-	7,2	0,1	0,7	0,1	<0,01	-	5,7	0,2	114	17	6	0
FR8	225/250	14	3	<0,01	-	5,9	0,1	0,6	0,1	<0,01	-	4,4	0,1	74	1	5	0
FR9	225/500	23	3	<0,01	-	6,7	0,3	0,7	0,3	<0,01	-	5,1	0,3	74	4	5	0
FR10	225/1000	30	5	<0,01	-	6,8	0,3	0,8	3,5	<0,01	-	5,6	0,1	69	4	6	0
FR11	315/250	22	4	<0,01	-	6,8	0,2	0,6	0,0	<0,01	-	4,6	0,3	95	4	5	0
FR12	315/500	29	4	<0,01	-	7,0	0,1	0,7	0,1	<0,01	-	5,2	0,2	90	4	6	0
FR13	315/1000	21	13	<0,01	-	6,2	1,4	0,6	0,1	<0,01	-	4,0	1,0	78	9	6	3
REG1-Frode (2012)		6	1	<0,01	-	6,1	0,1	0,5	0,0	<0,01	-	3,2	0,2	56	8	4	1
Min. *		13		<0,01		5,9		0,6		0		4,0		69		5	
Max. *		31		<0,01		7,7		0,8		0		5,7		114		6	

\*: Regional stasjon ikke medregnet

**Figur 4.3-2** Frode og regional stasjon REG1-Frode 2012, metallinnhold (mg/kg) i toppsedimentet (0-1 cm) fra tre parallelle prøver.



**Figur 4.3-3** Frode 2012. Fordeling av Ba relatert til stasjonsplassering. Arealet i sirklene er proporsjonal med konsentrasjonen.

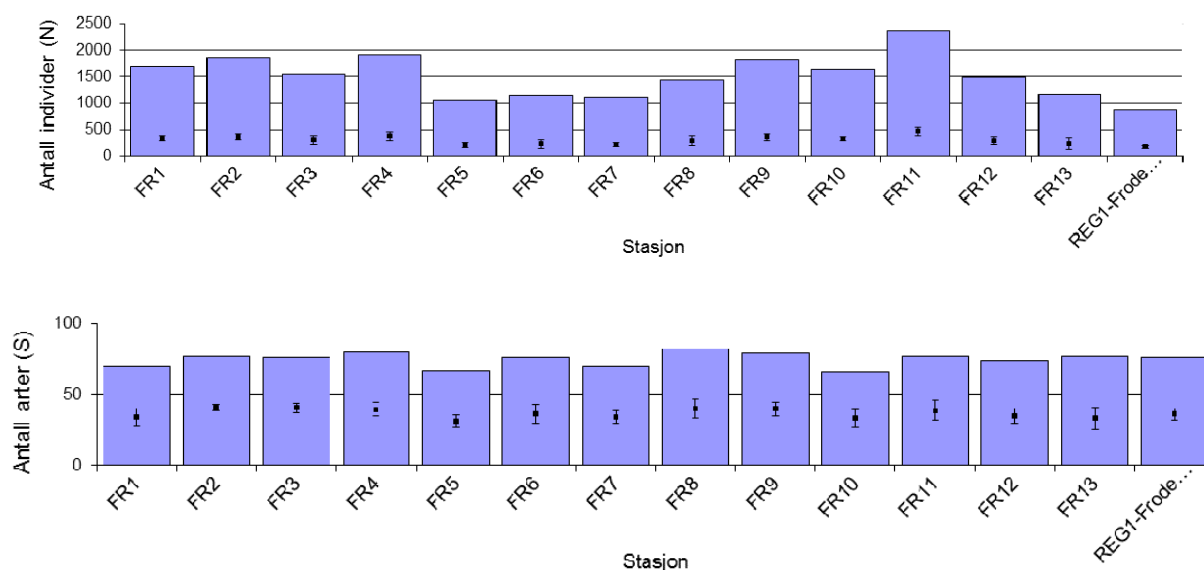
## 4.4 Biologiske analyser

### Diversitet og dominans

Tabell 4.4-1 viser antall individer og arter på Frode fordelt på dyregrupper. Figur 4.4-1 viser antall individer og arter på de enkelte stasjonene på feltet samt gjennomsnitt per grabb per stasjon. Echinoidea juvenile er fjernet fra datasettet. Det ble registrert 33 juvenile individer (*Nephtys* og *Asteroidea*) på Frode. De er inkludert i analyser og figurer. Polychaeta dominerer feltet med hensyn til antall individer (82 % av total antall individer på felt) og bidra til 51 % av totalt antall arter. Alle dyregrupper (*varia*, *polychaeta*, *crustacea*, *mollusca*, og *echinodermata*) er godt representert når det gjelder antall arter.

**Tabell 4.4-1** Antall individer (N) og arter (S) fordelt på dyregrupper, Frode 2012.

Dyregrupper	N	%	S	%
Varia	870	4,1	16	8,6
Polychaeta	17349	82,0	95	51,1
Crustacea	340	1,6	33	17,7
Mollusca	783	3,7	32	17,2
Echinodermata	1818	8,6	10	5,4
<b>Totalt</b>	<b>21160</b>	<b>100,00</b>	<b>186</b>	<b>100,00</b>

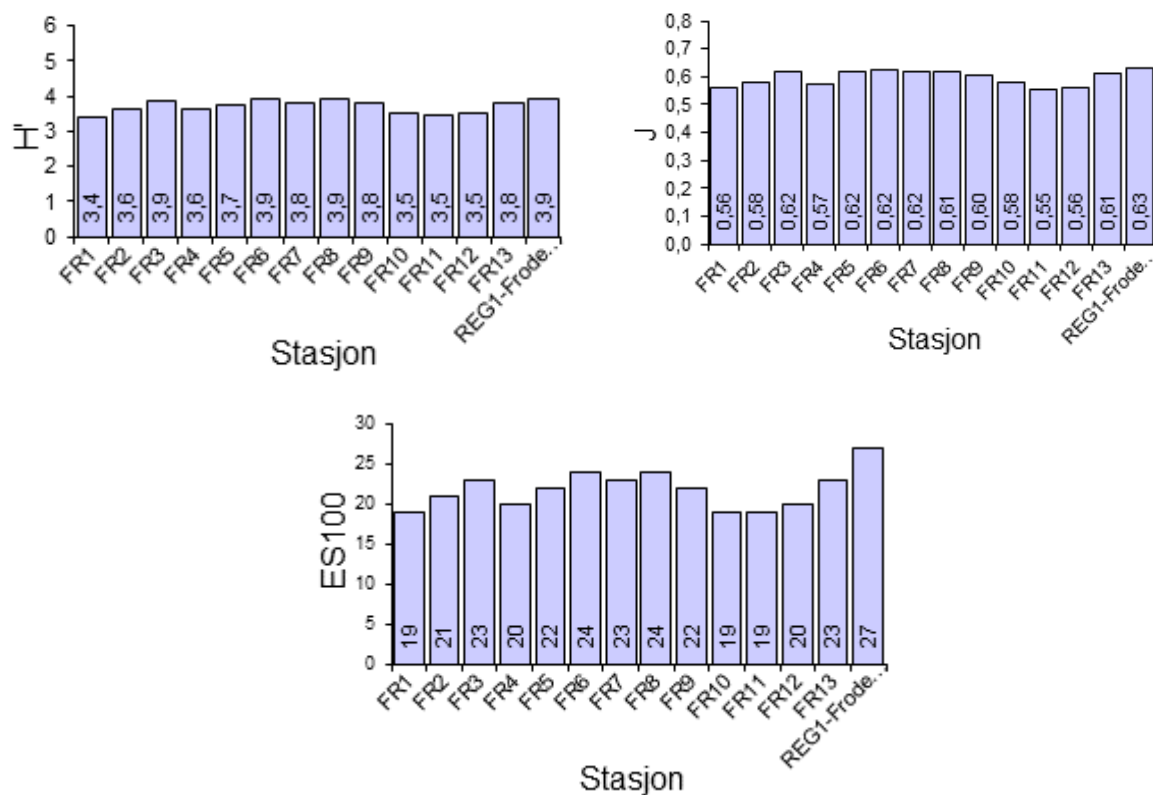


**Figur 4.4-1** Antall individer (N) og arter (S) per 0,5m<sup>2</sup>, snittverdi og standard avvik mellom grabbprøver (0,1m<sup>2</sup>), Frode 2012.

Tabell 4.4-2 og Figur 4.4-2 viser diversitetsindeksene H', J og ES<sub>100</sub> for hver av stasjonene på Frode i 2012. Indeksene er høye på alle stasjonene, med Shannons diversitet (H') som varierer fra 3,4 (FR1) til 3,9 (FR3; FR8; REG1-Frode 2012); og ES<sub>100</sub> fra 19 (FR1; FR10; FR11) til 27 (REG1-Frode (2012)). Indeksene gjenspeiler sunn uforstyrret havbunn med relativt komplekse faunasamfunn.

**Tabell 4.4-2** Antall arter (S), antall individer (N) per 0,5m<sup>2</sup>, Shannon-Wieners diversitetsindeks (H'), Pielous jevnhetsindeks (J) og forventet artsantall per 100 individer (Hurlbert ES<sub>100</sub>) for hver stasjon, (juvenile bortsett fra Echinoidea inkludert) Frode 2012.

Stasjon	Retn. (°)	Avst. (m)	Dyp (m)	S	N	H'	J	ES <sub>100</sub>
FR1	45	250	66	70	1689	3,42	0,56	19
FR2	45	500	66	77	1857	3,61	0,58	21
FR3	45	1 000	67	76	1554	3,86	0,62	23
FR4	45	2 000	67	80	1921	3,62	0,57	20
FR5	135	250	67	67	1065	3,74	0,62	22
FR6	135	500	68	76	1161	3,90	0,62	24
FR7	135	1 000	66,5	70	1111	3,79	0,62	23
FR8	225	250	66,5	82	1430	3,91	0,61	24
FR9	225	500	68,5	79	1826	3,80	0,60	22
FR10	225	1 000	69	66	1640	3,49	0,58	19
FR11	315	250	67,5	77	2362	3,46	0,55	19
FR12	315	500	68	74	1499	3,49	0,56	20
FR13	315	1 000	68	77	1174	3,83	0,61	23
REG1-Frode (2012)			66	76	871	3,93	0,63	27



**Figur 4.4-2** Diversitet, jevnhet og  $ES_{100}$ , Frode 2012.

De ti mest tallrike artene på hver stasjon er vist i Tabell 4.4-3. På hver stasjon utgjør de ti mest dominerende taksa mellom 78 % (REG1-2) og 88 % (FR1) av det totale antallet individer. Børstemarkene *Galathowenia oculata* og *Paramphinoe jeffreysii* er to av de mest dominerende arter på alle stasjonene, og sammen bidrar rundt 40 % eller mer av totalt antall individer på hver stasjon. At den sensitive arten *G. oculata*, er vanlig på alle stasjonene indikerer et uforstyrret habitat.

På FR13 og REG1- Frode (2012) er børstemarken *Spiophanes bombyx* vanligste art. Dette er en detritusspisende art som trives i relativt grovt sediment. REG 1- Frode (2012) skiller seg ut noe fra feltstasjonene ved å ha både høyest diversitet og dominans av *Spiophanes bombyx*. Molluskfaunaen på feltet domineres av *Caudofoveata* indet. og *Montacuta substriata*. Det er stort sett de samme artene som dominerer på alle stasjonene, og faunaen på Frode karakteriseres som homogen.

**Tabell 4.4-3** De ti mest vanlige artene for hver stasjon, Frode 2012.

10 mest vanlige arter							
FR1	Antall	%	Kum%	FR2	Antall	%	Kum%
Galathowenia oculata	460	27,2	27,2	Galathowenia oculata	578	31,1	31,1
Paramphinome jeffreysii	414	24,5	51,8	Paramphinome jeffreysii	300	16,2	47,3
Spiophanes bombyx	186	11,0	62,8	Spiophanes bombyx	243	13,1	60,4
Amphiura filiformis	153	9,1	71,8	Scoloplos (Scoloplos) armiger	167	9,0	69,4
Scoloplos (Scoloplos) armiger	142	8,4	80,2	Amphiura filiformis	139	7,5	76,8
Owenia fusiformis	45	2,7	82,9	Owenia fusiformis	55	3,0	79,8
Goniada maculata	36	2,1	85,0	Phoronis	36	1,9	81,7
Phoronis	22	1,3	86,3	Goniada maculata	26	1,4	83,1
Pectinaria (Amphictene) auricoma	17	1,0	87,3	Spiophanes kroyeri	24	1,3	84,4
Spiophanes kroyeri	16	1,0	88,3	Aonides paucibranchiata	23	1,2	85,7
FR3	Antall	%	Kum%	FR4	Antall	%	Kum%
Paramphinome jeffreysii	310	20,0	20,0	Galathowenia oculata	537	28,0	28,0
Galathowenia oculata	309	19,9	39,8	Paramphinome jeffreysii	312	16,2	44,2
Spiophanes bombyx	245	15,8	55,6	Spiophanes bombyx	259	13,5	57,7
Amphiura filiformis	157	10,1	65,7	Amphiura filiformis	218	11,4	69,0
Scoloplos (Scoloplos) armiger	142	9,1	74,8	Scoloplos (Scoloplos) armiger	179	9,3	78,3
Goniada maculata	35	2,3	77,1	Owenia fusiformis	53	2,8	81,1
Phoronis	26	1,7	78,8	Caudofoveata	31	1,6	82,7
Spiophanes kroyeri	19	1,2	80,0	Spiophanes kroyeri	25	1,3	84,0
Caudofoveata	18	1,2	81,2	Phoronis	24	1,3	85,3
Nemertea	17	1,1	82,2	Montacuta substriata	22	1,2	86,4
FR5	Antall	%	Kum%	FR6	Antall	%	Kum%
Galathowenia oculata	304	28,5	28,5	Paramphinome jeffreysii	267	23,0	23,0
Paramphinome jeffreysii	150	14,1	42,6	Galathowenia oculata	216	18,6	41,6
Spiophanes bombyx	147	13,8	56,4	Spiophanes bombyx	169	14,6	56,2
Amphiura filiformis	109	10,2	66,7	Scoloplos (Scoloplos) armiger	110	9,5	65,6
Scoloplos (Scoloplos) armiger	81	7,6	74,3	Amphiura filiformis	90	7,8	73,4
Owenia fusiformis	24	2,3	76,5	Owenia fusiformis	28	2,4	75,8
Caudofoveata	23	2,2	78,7	Goniada maculata	25	2,2	78,0
Goniada maculata	21	2,0	80,7	Cerianthus lloydii	17	1,5	79,4
Spiophanes kroyeri	19	1,8	82,4	Spiophanes kroyeri	15	1,3	80,7
Cerianthus lloydii	14	1,3	83,8	Westwoodilla caecula	15	1,3	82,0
FR7	Antall	%	Kum%	FR8	Antall	%	Kum%
Galathowenia oculata	275	24,8	24,8	Galathowenia oculata	335	23,4	23,4
Paramphinome jeffreysii	206	18,5	43,3	Paramphinome jeffreysii	315	22,0	45,5
Spiophanes bombyx	130	11,7	55,0	Spiophanes bombyx	155	10,8	56,3
Scoloplos (Scoloplos) armiger	125	11,3	66,3	Amphiura filiformis	110	7,7	64,0
Amphiura filiformis	92	8,3	74,5	Scoloplos (Scoloplos) armiger	108	7,6	71,5
Goniada maculata	30	2,7	77,2	Owenia fusiformis	54	3,8	75,3
Owenia fusiformis	20	1,8	79,0	Goniada maculata	28	2,0	77,3
Caudofoveata	18	1,6	80,7	Aonides paucibranchiata	23	1,6	78,9
Cerianthus lloydii	17	1,5	82,2	Cerianthus lloydii	21	1,5	80,4
Phoronis	16	1,4	83,6	Caudofoveata	20	1,4	81,8

Forts.

**Tabell 4.4-3** *forts.*

FR9	Antall	%	Kum%	FR10	Antall	%	Kum%
Paramphinome jeffreysii	473	25,9	25,9	Galathowenia oculata	443	27,0	27,0
Galathowenia oculata	327	17,9	43,8	Paramphinome jeffreysii	321	19,6	46,6
Spiophanes bombyx	224	12,3	56,1	Amphiura filiformis	195	11,9	58,5
Amphiura filiformis	148	8,1	64,2	Spiophanes bombyx	178	10,9	69,3
Scoloplos (Scoloplos) armiger	144	7,9	72,1	Scoloplos (Scoloplos) armiger	169	10,3	79,6
Montacuta substriata	104	5,7	77,8	Pectinaria (Amphictene) auricoma	33	2,0	81,7
Owenia fusiformis	44	2,4	80,2	Caudofoveata	32	2,0	83,6
Spiophanes kroyeri	27	1,5	81,7	Spiophanes kroyeri	27	1,7	85,2
Goniada maculata	24	1,3	83,0	Goniada maculata	26	1,6	86,8
Caudofoveata	20	1,1	84,1	Owenia fusiformis	22	1,3	88,2
FR11	Antall	%	Kum%	FR12	Antall	%	Kum%
Galathowenia oculata	695	29,4	29,4	Galathowenia oculata	474	31,6	31,6
Paramphinome jeffreysii	498	21,1	50,5	Paramphinome jeffreysii	251	16,7	48,4
Spiophanes bombyx	335	14,2	64,7	Spiophanes bombyx	199	13,3	61,6
Scoloplos (Scoloplos) armiger	189	8,0	72,7	Scoloplos (Scoloplos) armiger	172	11,5	73,1
Amphiura filiformis	144	6,1	78,8	Amphiura filiformis	94	6,3	79,4
Owenia fusiformis	91	3,9	82,6	Owenia fusiformis	43	2,9	82,3
Goniada maculata	32	1,4	84,0	Spiophanes kroyeri	25	1,7	83,9
Phyllodoce (Anaitides) groenlandica	32	1,4	85,4	Nemertea	19	1,3	85,2
Caudofoveata	30	1,3	86,6	Goniada maculata	18	1,2	86,4
Spiophanes kroyeri	26	1,1	87,7	Caudofoveata	16	1,1	87,5
FR13	Antall	%	Kum%	REG1-Frode (2012)	Antall	%	Kum%
Spiophanes bombyx	233	19,9	19,9	Spiophanes bombyx	305	35,0	35,0
Galathowenia oculata	231	19,7	39,5	Galathowenia oculata	116	13,3	48,3
Paramphinome jeffreysii	186	15,8	55,4	Paramphinome jeffreysii	89	10,2	58,6
Scoloplos (Scoloplos) armiger	137	11,7	67,0	Scoloplos (Scoloplos) armiger	46	5,3	63,8
Amphiura filiformis	92	7,8	74,9	Goniada maculata	35	4,0	67,9
Goniada maculata	27	2,3	77,2	Amphiura filiformis	24	2,8	70,6
Owenia fusiformis	24	2,0	79,2	Phoronis	20	2,3	72,9
Nemertea	16	1,4	80,6	Edwardsiidae	19	2,2	75,1
Spiophanes kroyeri	16	1,4	81,9	Magelona filiformis	13	1,5	76,6
Caudofoveata	15	1,3	83,2	Owenia fusiformis	12	1,4	78,0

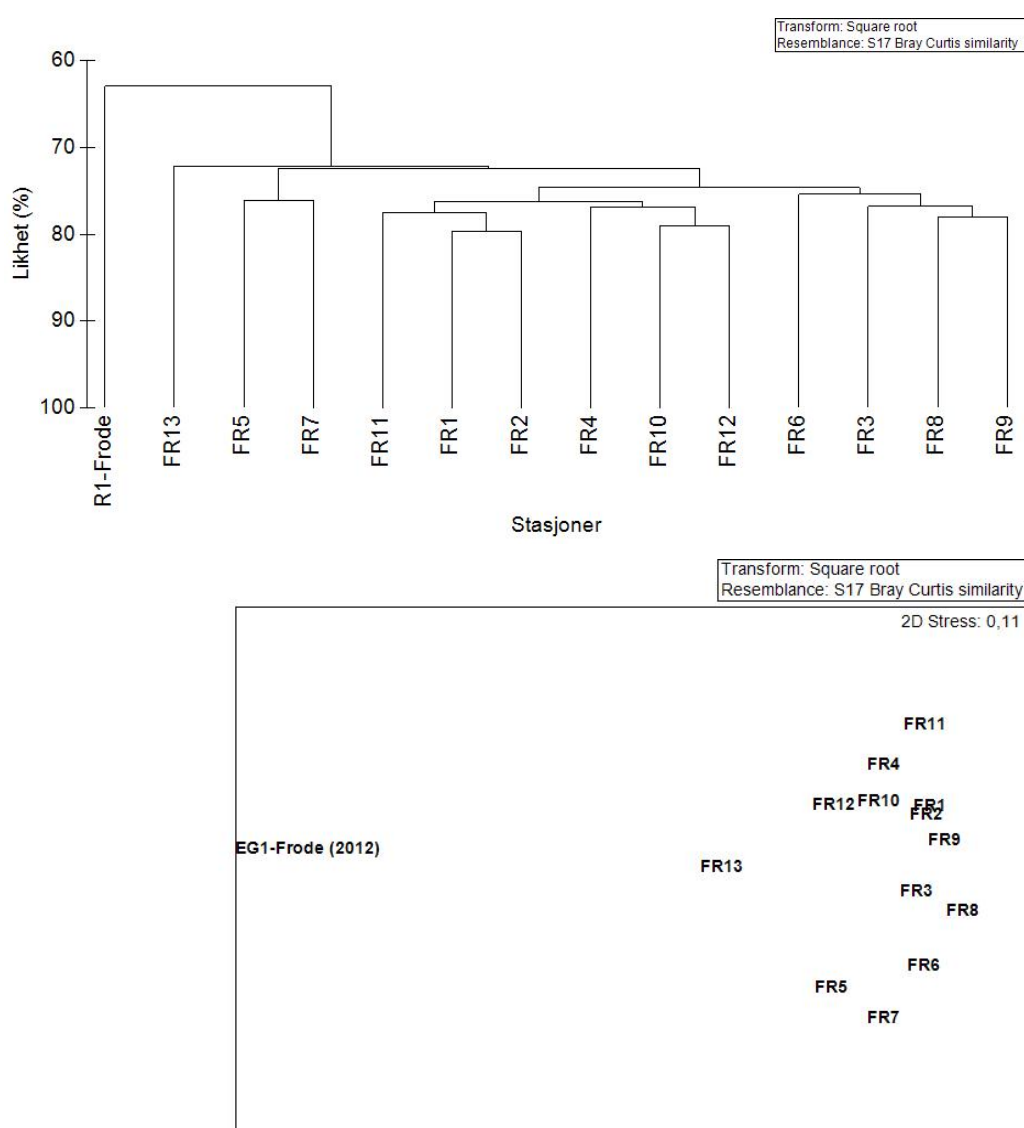
## Likhetsanalyser

I clusteranalysen av de regionale stasjonene i Region 1 i 2011 (Akvaplan-niva 2012) grupperer de tre regionale stasjonene Reg1- Frode (2012), -3 og -12 seg sammen. Dette er de stasjonene som ligger nærmest Frodefeltet. Diversitetsindeksene på disse stasjonene var henholdsvis 2,6 og 2,7 og 3,3. De relativt lave indeksene kan forklares med at de tre stasjonene var dominert av børstemarkene *G. oculata* og *P. jeffreysii* som sammen utgjorde henholdsvis 68 %, 70 % og 54 % av faunaen på de tre stasjonene. De samme artene er vanlige på Frodefeltet hvor de utgjør 40 - 52 % av faunaen.

Klassifikasjon og ordinasjon for 2012 er gjennomført på stasjonsnivå. Dendrogram og MDS plott er vist i Figur 4.4-3. Generelt er det små forskjeller i faunasammensetningen mellom de ulike

stasjonene på feltet. Den regionale stasjonen REGI- Frode (2012) plasserer seg litt på utsiden av feltstasjonene, men artssammensetningen har generelt høy grad av likhet med den vi finner på feltstasjonene. En Simper-analyse viser at prøvene fra REG- Frode (2012) inneholder noe færre *G. oculata*, *P. jeffreysii*, *Amphiura filiformis* og *Scoloplos armiger* og noen flere av *S. bombyx*. Faunaforskjellene kan ikke forklares ut fra havdyp, sedimentkarakteristikk eller kjemiske parametre, og antas å skyldes geografiske forskjeller (REG1- Frode (2012) ligger over 33 km unna Frode).

BioEnv-analysen viser en lav korrelasjonskoeffisient (0,44) for parametrene dyp, TOM, andel finstoff, THC og metallene. Det er med andre ord ingen sammenheng mellom variasjonene i de abiotiske faktorene og variasjonene i faunaen på Frode.



**Figur 4.4-3** Clusterdiagram og MDS-plot, Frode inkl. REGI-2 2012. Den regionale stasjonen R1-Frode er betegnet som EG1-Frode (2012) i MDS-plottet.

## 5 KONKLUSJONER

Grunnlagsundersøkelsen på Frode i 2012 viser at sedimentet hovedsakelig består av sand og TOM-nivået er fra 0,68-0,96 %. Alle feltstasjonene ligger på samme nivå eller litt over THC-nivået for den regionale stasjonen REG1-Frode (2012), mens samtlige feltstasjoner har høyere Ba-verdi enn nevnte regionale stasjon.

Bunnfaunaen på Frode er sammenlignbar med tidligere undersøkte regionale stasjoner i området og viser arts mangfold som normalt for uforstyrret sediment i regionen. Faunaen på den regionale stasjonen REG1-Frode (2012) skiller seg svakt fra feltstasjonene, noe som ansees å skyldes geografiske forskjeller.

## 6 REFERANSER

ACS Committee on Environmental Improvements (1980). *Guidelines for Data Acquisition and Data Quality Evaluation in Environmental Chemistry*, Anal.chem. 52 (1980) p. 2242-2249.

Akvaplan-niva 2012. *Miljøundersøkelse Region 1, 2011*. Rapport nr. 5339.02 ver-2

Bray, J.R. & J.T. Curtis 1957. *An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin*. Ecol. Monogr. 27: 325-349.

Buchanan, J.B. (1984), *Sediment analysis*. In "Methods for the study of marine benthos". Editors: Holme, N.A., and A.D. McIntyre. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, pp. 41-65.

DNV, 2012a. *Program for grunnlagsundersøkelser i Nordsjøen 2012*. DNV Rapp.nr. 2012-0668.

DNV, 2012b. Toktrapport – *Miljøovervåking Region 2 2012 og grunnlagsundersøkelser i omkringliggende regioner*. DNV Rapp.nr. 2012-1200.

Faksness, L. G., 1998. *Miljøundersøkelser Vøring og Barentshavet 1998: Kornstørrelsesfordeling*. Sintef rapport STF66 F98151.

Klif 2011. *Retningslinjer for miljøovervåking*. TA 2848.

Kruskal, J.B. & M. Wish. 1978. *Multidimensional scaling*. Sage Publishers. California. 93s.

Lance, G. N. & W.T. Williams, 1967: *A general theory of classificatory sorting strategies. II. Clustering systems*. -Computer Jour. 10: 271-277.

Pielou, E.C., 1969: *An introduction to mathematical ecology*. Wiley-Interscience, New York.

Shannon, C.E. & W.W. Weaver 1963: *The mathematical theory of communities*. University of Illinois Press. Urbana, Illinois. 117 s.

## VEDLEGG

---

### CD

På vedlagte CD finnes følgende:

- Appendiks A – *Toktrapport*
- Appendiks B – *Prøvingsrapport – biologi*
- Appendiks C – *Analyserapport - kjemi*
- Appendiks D – *Statistisk analysemetodikk*
- Appendiks E – *Undersøkelsesprogram*

- o0o -

# Det Norske Veritas:

Det Norske Veritas (DNV) er en ledende, uavhengig leverandør av tjenester for risikostyring, med global virksomhet gjennom et nettverk av 300 kontorer i 100 ulike land. DNVs formål er å arbeide for sikring av liv, verdier og miljø.

DNV bistår sine kunder med risikostyring gjennom tre typer tjenester: klassifisering, sertifisering og konsulentvirksomhet. Siden etableringen som en uavhengig stiftelse i 1864 har DNV blitt en internasjonalt anerkjent leverandør av ledelsestjenester og tekniske konsulent- og rådgivningstjenester, og er et av verdens ledende klassifiseringsselskaper. Dette innebærer kontinuerlig utvikling av ny tilnærming til helse-, miljø- og sikkerhetsledelse, slik at bedrifter kan fungere effektivt under alle forhold.

## Global impact for a safe and sustainable future:

Besøk vår internettside for mer informasjon: [www.dnv.com](http://www.dnv.com)